第23講　熱力学2

1

理想気体について，次の［　　　］に適当な語句，式，または数値を記入しなさい。

気体の体積を一定に保ったまま，加熱または冷却して，気体の温度や圧力を変える過程を［語句①］変化という。気体に熱量 Q［J］を与えても体積は変化しないので，気体が外部にする仕事 W' は［数値②］［J］であり，熱力学第1法則から気体の内部エネルギーの増加量は［式③］［J］に等しい。

温度が一定なままで起こる気体の状態の変化を［語句④］変化という。気体を［語句④］膨張させるには，気体が外部に仕事をすることにより失うエネルギー W'［J］を，外部から熱量［式⑤］［J］加えることにより補わなければならない。

熱の出入りなしで起こる気体の状態の変化を［語句⑥］変化という。気体が［語句⑥］膨張するとき，気体は外部に仕事をするので内部エネルギーは［語句⑦］する。

圧力が一定なままで起こる気体の状態の変化を［語句⑧］変化という。ピストンを外から一定の力で抑えながら熱量 Q［J］(>0) を加えると，気体はピストンを押し，外部に仕事をしながら［語句⑨］する。このとき，気体が外部にする仕事を W'［J］とすれば，気体が外部からされる仕事は［式⑩］［J］となるので，熱力学第1法則から気体の内部エネルギーの増加量は［式⑪］［J］に等しい。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

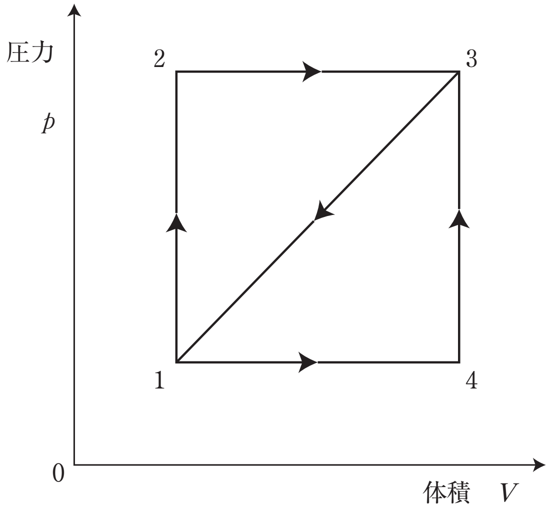
＜ Note ＞

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

ある単原子分子理想気体が図に示す過程を行うとき，以下の問いに答えよ。ただし，熱量は気体に流れ込むときを正値，気体から流れ出るときを負値とする。仕事に関しては，気体が外に対してする場合を正値，気体が外からされる場合を負値とする。



(1)　気体が一つの状態から別の状態に変化する場合の内部エネルギー変化を ΔU，気体に流入する熱量を Q，気体がした仕事を W とするとき，ΔU と Q と W の関係を記せ。

(2)　気体が経路 1 → 2 → 3 を通り変化するとき，気体に 115J の熱量が流れ込み，40J の仕事をした。状態 1 から状態 3 への内部エネルギー変化はいくらか。

(3)　次に，気体が経路 1 → 4 → 3 を通り変化するとき，気体がした仕事は 20J であった。気体に出入りする熱量はいくらか。

(4)　状態 1 から状態 4 への内部エネルギー変化を 30J とするとき，過程 1 → 4 で出入りする熱量はいくらか。また，過程 4 → 3 で出入りする熱量はいくらか。

< Note >

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

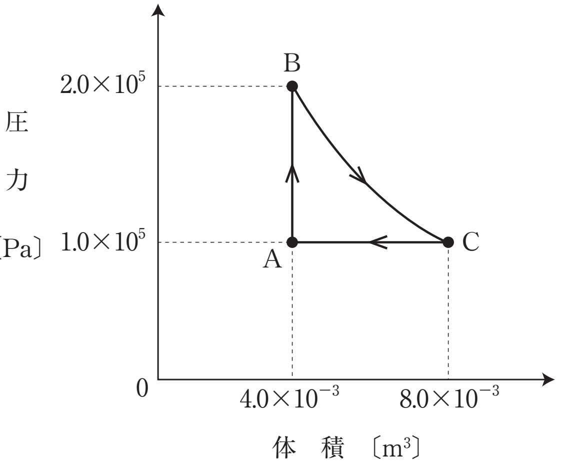
3

次の文章中の空欄①は語句で埋め，②〜⑦については数値で埋めなさい。

自動車のガソリンエンジンや蒸気機関のように，連続的に動き，熱を仕事に変換する装置を(　①　)という。

なめらかに動くピストンをつけた円筒容器の中に，温度300K，圧力1.0×10^5Paの単原子分子の理想気体が入り，体積が4.0×10^{-3}m^{3}になっている。このときの気体の状態をAとして，下の$p-V$図で示すように気体の状態を変化させた。A→Bは定積変化，B→Cは等温変化，C→Aは等圧変化である。B→Cでは，気体の温度を一定に保つようにピストンを操作しながら，気体に5.5×10^2Jの熱量を与えた。このとき，状態B，Cの温度は(　②　)[K]，A→Bでの内部エネルギーの変化は(　③　)[J]，A→Bで気体が外部から得た熱量は(　④　)[J]である。また，B→Cで気体はピストンに(　⑤　)[J]の仕事をし，C→Aでは(　⑥　)[J]の仕事をされた。

このサイクルを(　①　)とみなしたとき，1サイクルにおける熱効率を有効数字2桁(けた)で求めると(　⑦　)となる。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

＜ Note ＞

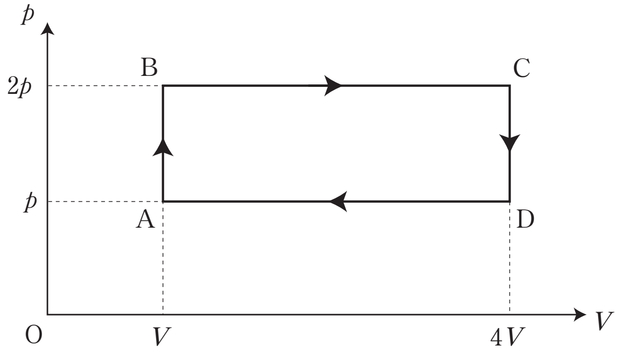
ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　確認テスト

次の文の[1]～[7]に入れるのに最も適した答を，それぞれの解答群の中から一つずつ選べ。

理想気体を閉じ込めたシリンダーを持つ熱機関が，図のような経路に沿って周期運動（A→B→C→D→A）をしている。シリンダー内のピストンは滑らかに動くものとする。A点での気体の圧力，体積，絶対温度は，それぞれ，p，V，T_A である。



(1)　B，C，D点での絶対温度は，それぞれ，[1]，[2]，[3]である。

[1]，[2]，[3]の解答群

(ア)　$\frac{1}{2}T_A$	(イ)　T_A	(ウ)　$\frac{5}{3}T_A$	(エ)　$2T_A$
(オ)　$3T_A$	(カ)　$4T_A$	(キ)　$5T_A$	(ク)　$6T_A$
(ケ)　$7T_A$	(コ)　$8T_A$		

(2)　経路A→B，B→C，C→D，D→Aにおいて，気体に与えたり奪ったりする熱量の絶対値をそれぞれ，Q_{AB}，Q_{BC}，Q_{CD}，Q_{DA} とし，経路B→C，D→Aにおいて，ピストンが気体にする，または気体がピストンにする仕事の絶対値を，それぞれ，W_{BC}，W_{DA} とする。経路A→Bにおける気体の内部エネルギーの増加 $\varDelta U_{AB}$ は[4]である。同様に，他の経路についての内部エネルギーの増加は，それぞれ，$\varDelta U_{BC}=$[5]であり，$\varDelta U_{CD}=$[6]であり，$\varDelta U_{DA}=$[7]である。

[4]，[5]の解答群

(ア)　Q_{AB}	(イ)　$-Q_{AB}$	(ウ)　Q_{BC}	(エ)　$-Q_{BC}$
(オ)　$Q_{BC}+W_{BC}$	(カ)　$Q_{BC}-W_{BC}$	(キ)　$-Q_{BC}+W_{BC}$	(ク)　$-Q_{BC}-W_{BC}$

[6]，[7]の解答群

(ア)　Q_{CD}	(イ)　$-Q_{CD}$	(ウ)　Q_{DA}	(エ)　$-Q_{DA}$
(オ)　$Q_{DA}+W_{DA}$	(カ)　$Q_{DA}-W_{DA}$	(キ)　$-Q_{DA}+W_{DA}$	(ク)　$-Q_{DA}-W_{DA}$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(3)　一周期の間に気体が吸収した熱量の合計は[8]である。また，気体が外にした仕事は[9]である。この場合の熱機関の効率は[10]である。

[8]の解答群

(ア)　$Q_{AB}+Q_{BC}$　(イ)　$Q_{AB}-Q_{BC}$　(ウ)　$Q_{CD}+Q_{DA}$　(エ)　$Q_{CD}-Q_{DA}$

(オ)　$Q_{BC}-Q_{AB}$　(カ)　$Q_{DA}-W_{CD}$

[9]の解答群

(ア)　$W_{BC}+W_{DA}$　(イ)　$W_{BC}-W_{DA}$　(ウ)　$-W_{BC}+W_{DA}$　(エ)　$-W_{BC}-W_{DA}$

[10]の解答群

(ア)　$\dfrac{W_{BC}-W_{DA}}{Q_{AB}+Q_{BC}}$　(イ)　$\dfrac{-W_{BC}+W_{DA}}{Q_{AB}+Q_{BC}}$　(ウ)　$\dfrac{W_{BC}-W_{DA}}{Q_{AB}-Q_{BC}}$　(エ)　$\dfrac{-W_{BC}+W_{DA}}{Q_{AB}-Q_{BC}}$

(オ)　$\dfrac{W_{BC}-W_{DA}}{Q_{CD}+Q_{DA}}$　(カ)　$\dfrac{-W_{BC}+W_{DA}}{Q_{CD}+Q_{DA}}$　(キ)　$\dfrac{W_{BC}-W_{DA}}{-Q_{CD}+Q_{DA}}$　(ク)　$\dfrac{-W_{BC}+W_{DA}}{-Q_{CD}+Q_{DA}}$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第23講　熱力学2

1

① 定積　② 0　③ Q　④ 等温　⑤ W'　⑥ 断熱
⑦ 減少　⑧ 定圧　⑨ 膨張　⑩ $-W'$　⑪ $\Delta U = Q - W'$

2

(1) $\Delta U = Q - W$
(2) 75［J］
(3) 95［J］
(4) 過程1→4　50［J］　過程4→3　45［J］

3

① 熱機関　② 600　③ 600　④ 600
⑤ 550　⑥ 400　⑦ 0.13

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 23 講　確認テスト

【解答】

1：(エ)　2：(コ)　3：(カ)　4：(ア)　5：(カ)　6：(イ)　7：(キ)　8：(ア)　9：(イ)　10：(ア)

【解説】

モル数を n として状態方程式は，

$$\begin{cases} \mathrm{A}: \quad pV = nRT_{\mathrm{A}} & \text{―①} \\ \mathrm{B}: \quad 2pV = nRT_{\mathrm{B}} & \text{―②} \\ \mathrm{C}: \quad 2p\cdot 4V = nRT_{\mathrm{C}} & \text{―③} \\ \mathrm{D}: \quad p\cdot 4V = nRT_{\mathrm{D}} & \text{―④} \end{cases}$$

(1)　②÷①より　$T_{\mathrm{B}} = \underline{2T_{\mathrm{A}}}_{1}$

③÷①より　$T_{\mathrm{C}} = \underline{8T_{\mathrm{A}}}_{2}$

④÷①より　$T_{\mathrm{D}} = \underline{4T_{\mathrm{A}}}_{3}$

(2)　A → B は定積変化ゆえ，熱力学第１法則より

$\underline{Q_{\mathrm{AB}} = \Delta U_{\mathrm{AB}}}_{4}$

B → C は定圧変化ゆえ，熱力学第１法則より

$Q_{\mathrm{BC}} = \Delta U_{\mathrm{BC}} + W_{\mathrm{BC}}$　　∴　$\Delta U_{\mathrm{BC}} = \underline{Q_{\mathrm{BC}} - W_{\mathrm{BC}}}_{5}$

C → D は定積変化ゆえ，熱力学第１法則より

$\underline{-Q_{\mathrm{CD}} = \Delta U_{\mathrm{CD}}}_{6}$

D → A は定圧変化ゆえ，熱力学第１法則より

$-Q_{\mathrm{DA}} = \Delta U_{\mathrm{DA}} + (-W_{\mathrm{DA}})$　　∴　$\Delta U_{\mathrm{DA}} = \underline{-Q_{\mathrm{DA}} + W_{\mathrm{DA}}}_{7}$

(3)　気体が熱量を吸収するのは A → B と B → C だから，気体が吸収した熱量は

$\underline{Q_{\mathrm{AB}} + Q_{\mathrm{BC}}}_{8}$

気体が仕事をするのは B → C と D → A で，D → A では負の仕事をするので，気体が外へした仕事は

$\underline{W_{\mathrm{BC}} - W_{\mathrm{DA}}}_{9}$

よって，熱効率は

$$e = \underline{\frac{W_{\mathrm{BC}} - W_{\mathrm{DA}}}{Q_{\mathrm{AB}} + Q_{\mathrm{BC}}}}_{10}$$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。